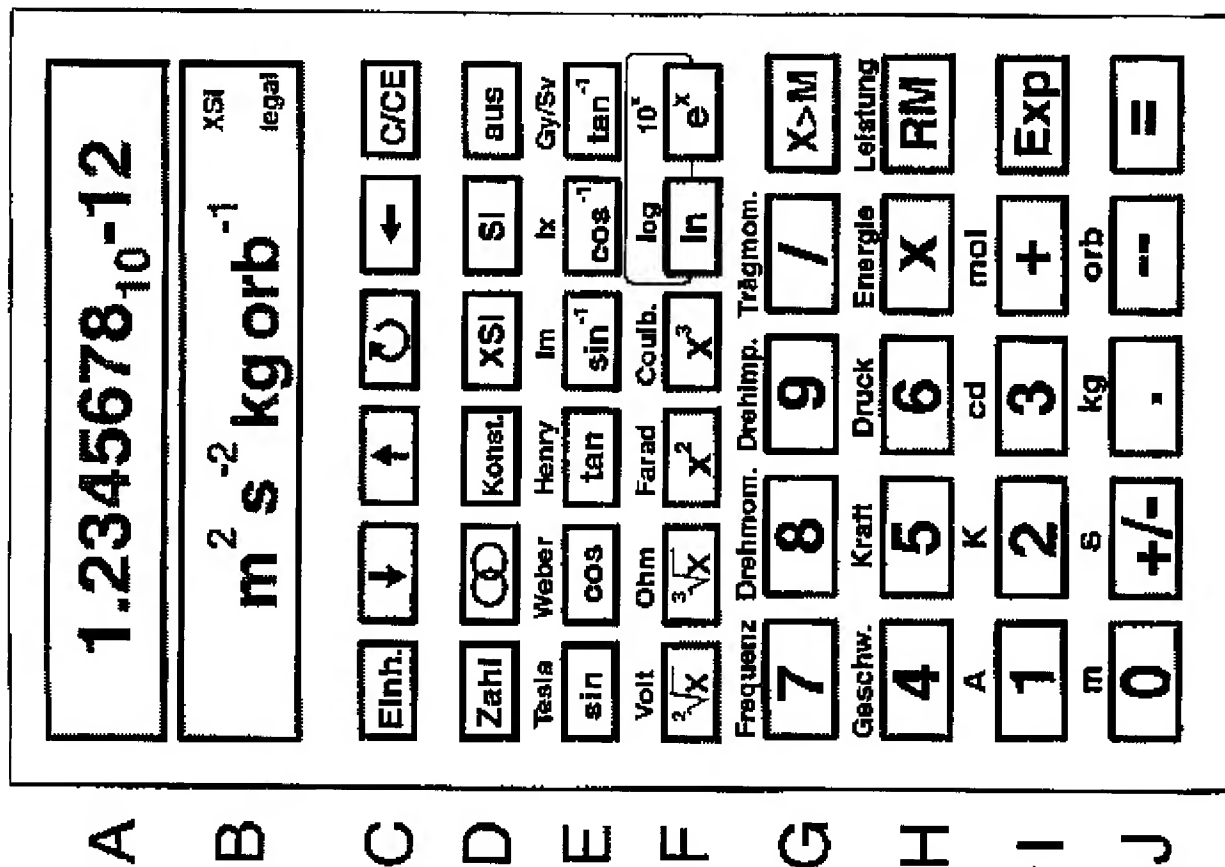


PA: (FRAN/) FRANZEN J;  
FA: **DE4444214**-A1 27.06.1996;  
CO: DE;  
IC: G06F-003/14; G06F-007/544; G06F-015/02;  
MC: T01-J01;  
DC: T01;  
FN: 1996301090.gif  
PR: DE4444214 13.12.1994;  
FP: 27.06.1996  
UP: 29.07.1996





03P-19154



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 44 214 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 06 F 15/02**  
G 06 F 3/14  
G 06 F 7/544

②① Aktenzeichen: P 44 44 214.9  
②② Anmeldetag: 13. 12. 94  
②③ Offenlegungstag: 27. 6. 96

DE 44 44 214 A 1

⑦① Anmelder:  
Franzen, Jochen, Dr., 28359 Bremen, DE

⑦② Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 90 00 147 U 1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Rechnen mit physikalischen Größen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein technisch-wissenschaftliches Rechenverfahren, das nicht nur die Maßzahlen von technisch-physikalischen Größen, sondern auch die Maßeinheiten in den Berechnungen berücksichtigt. Es kann die Maßeinheiten der Ergebnisse in andere Maßeinheiten der gleichen physikalischen Dimension, beispielsweise in alte Maßeinheiten oder in solche anderer Staaten, umrechnen, oder mit den gesetzlich zugelassenen Vorsätzen zur Verkleinerung oder Vergrößerung der Maßeinheiten versehen. Die Erfindung betrifft auch einen entsprechenden Rechner. Die Erfindung besteht darin, ein Maßeinheitensystem zu benutzen, bei dem das System der Maßeinheiten mit dem der Dimensionen kongruent ist, so daß Maßeinheiten und Dimensionen deckungsgleich aufeinander abgebildet werden können.

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
H  
I  
J

1.2345678 <sub>10-12</sub>									
m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> kg orb <sup>-1</sup> <small>XSI legal</small>									
Einh.	↓	↑	↺	↻	C/CE				
Zahl	00	Konst.	XSI	SI	aus				
Teela	Weber	Henry	Im	tr	Gy/Sv				
sin	cos	tan	sin <sup>-1</sup>	cos <sup>-1</sup>	tan <sup>-1</sup>				
Volt	Ohm	Farad	Coelh.	log	10 <sup>x</sup>				
√x	√x	x <sup>2</sup>	x <sup>2</sup>	ln	e <sup>x</sup>				
Frequenz	Drehmom.	Drehimp.	Trägmon.						
7	8	9	/	X>M					
Geschw.	Kraft	Druck	Energie	Leistung					
4	5	6	X	RM					
A	K	od	mol						
1	2	3	+	Exp					
m	s	kg	orb						
0	+/-	.	-	=					

DE 44 44 214 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 90 602 026/25

7/28

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein interaktives technisch-wissenschaftliches Rechenverfahren, das nicht nur die Maßzahlen von technisch-physikalischen Größen, sondern auch die Maßeinheiten in den Berechnungen berücksichtigt. Es kann die Maßeinheiten der Ergebnisse in andere Maßeinheiten der gleichen physikalischen Dimension, beispielsweise in alte Maßeinheiten oder in solche anderer Staaten, umrechnen, oder mit den gesetzlich zugelassenen Vorsätzen zur Verkleinerung oder Vergrößerung der Maßeinheiten versehen. Die Erfindung betrifft auch einen entsprechenden Rechner. Die Erfindung besteht darin, ein Maßeinheitensystem zu benutzen, bei dem das System der Maßeinheiten mit dem der Dimensionen kongruent ist, so daß Maßeinheiten und Dimensionen deckungsgleich aufeinander abgebildet werden können.

## Allgemeiner Stand der Technik

Wissenschaftlich-technische Berechnungen werden im allgemeinen nicht mit reinen Zahlen durchgeführt, sondern mit wissenschaftlich-technischen Größen, häufig einfach physikalische Größen genannt. Diese bestehen jeweils aus einer Maßzahl und einer Maßeinheit. Die Rechenoperationen wirken dabei nicht nur auf die Maßzahlen, sondern auch auf die Maßeinheiten, nach Regeln, die weithin bekannt sind, und zwar keineswegs nur dem Fachmann.

Die bisher bekannt gewordenen Maßeinheitensysteme erlauben diese Berechnungen dadurch, daß in ihnen alle Maßeinheiten auf Produkte aus Potenzen einer relativ kleinen Anzahl sogenannter Basiseinheiten des betreffenden Maßsystems zurückgeführt werden. Für diese Potenzprodukte gelten die genannten Rechenregeln.

Im SI-System (Système International d'Unités), das von der Conférence Générale des Poids et Mesures festgelegt und in den meisten Staaten als gesetzliches Maßeinheitensystem anerkannt wurde, gibt es beispielsweise sieben Basiseinheiten:

- m für Meter (Dimension der Länge)
- s für Sekunde (Dimension der Zeit)
- kg für Kilogramm (Dimension der Masse)
- A für Ampère (Dimension des elektrischen Stromes)
- K für Kelvin (Dimension der Temperatur)
- cd für Candela (Dimension der Lichtstärke)
- mol für Mol (Dimension der Stoffmenge).

Für jede physikalische Dimension, also beispielsweise für Energie, Kraft, Geschwindigkeit, Masse oder Frequenz, gibt es dabei jeweils eine Maßeinheit, entweder eine Basiseinheit, oder eine aus Potenzen der Basiseinheiten zusammengesetzte Einheit.

Darüber hinaus kann es für eine physikalische Dimension eine "besondere Maßeinheit" mit einem eigenen "Einheitennamen" und einem eigenen "Einheitenzeichen" geben, wie zum Beispiel "Joule" mit dem Einheitenzeichen "J" als SI-Einheit für die Energie. Das ist aber nicht für alle physikalischen Dimensionen der Fall. Immer aber gibt es einen eindeutigen Bezug der physikalischen Dimension auf die Basiseinheiten des betreffenden Maßsystems durch Festlegung eines Produktes aus Potenzen der Basiseinheiten. Existiert eine besondere Maßeinheit, so wird sie "kohärent" genannt, wenn der Umrechnungsfaktor für den Bezug auf das Potenzprodukt der Basiseinheiten genau "1" ist. Enthält ein Einheitensystem nur kohärente Einheiten, so wird es insgesamt "kohärent" genannt. Das SI-System ist ein kohärentes Einheiten-System.

Für das obige Beispiel der Energie ist die Darstellung des Joule als solches Produkt aus den Potenzen der sieben Basiseinheiten durch  $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$  gegeben, wobei für die nicht explizit enthaltenen Basiseinheiten A, K, cd und mol die nullte Potenz gilt. Die Maßeinheiten  $\text{kg m}^2/\text{s}^2$  und J sind kohärent. Wie bei Zahlen, ist die nullte Potenz der Basiseinheiten identisch mit dem Zahlenwert "1".

## Nachteile der bisherigen Technik

Bei allen bekannt gewordenen vollständigen Maßeinheitensystemen gehört zwar zu jeder physikalischen Dimension genau eine Maßeinheit, bei besonderen Maßeinheiten zusammen mit ihrem an sich identischen Potenzprodukt, doch gehört leider nicht umgekehrt zu jeder Maßeinheit auch eine eindeutig bestimmbare physikalische Dimension. Zu manchen Maßeinheiten gehören zwei oder mehr verschiedene physikalische Dimensionen, und es gibt kurioserweise auch Maßeinheiten (wie "rad" = Radiant und "sr" = Steradian), die zur physikalischen Dimension "1" gehören (manchmal auch "Dimension einer reinen Zahl" genannt).

Unter "vollständig" wird hier ein Maßsystem verstanden, das zumindest alle bekannten Dimensionen der Physik abdeckt. Es können dabei durchaus noch weitere, nicht-physikalische Dimensionen abgedeckt werden. So gehört beispielsweise die Stoffmenge, die durch die SI-Basiseinheit "mol" abgedeckt wird, nicht eigentlich zu den "physikalischen" Dimensionen, weil die Physik keine Stoffe kennt.

Mit anderen Worten: Bei keinem der bisherigen vollständigen Maßsysteme ist ein Kongruenz des Systems der Dimensionen mit dem System der Maßeinheiten vorhanden, die beiden Systeme sind nicht eineindeutig aufeinander abbildbar. Es kann somit aus der Maßeinheit nicht die physikalische Dimension abgelesen werden. Die gleiche Maßeinheit, oder zumindest ihr (meist kohärentes) Produkt aus Potenzen der Basiseinheiten, kann zu verschiedenen physikalischen Dimensionen gehören. So gehört beispielsweise die SI-Einheit A = Ampère zur Dimension der magnetischen Spannung und zur Dimension der elektrischen Stromstärke (und ist hier sogar eine SI-Basiseinheit). Die Dimension des Drehmomentes im SI-System hat die gleiche Maßeinheit  $\text{kg m}^2/\text{s}^2 = \text{kg m}^2$

$s^{-2}$  wie die Energie. Die Maßeinheit für das Drehmoment wird allerdings nicht wie die der Energie mit der besonderen Maßeinheit "Joule" und dem zugehörigen Einheitenzeichen "J" gleichgesetzt.

Damit ist es grundsätzlich unmöglich, eine Tabelle für dimensionsrichtige Umrechnungen von Maßeinheiten aufzustellen und in Rechenverfahren zu verwenden. Es lassen sich nicht einmal die Potenzprodukte der Maßeinheiten automatisch in die besonderen Einheiten dieser Dimension mit eigenem Einheitennamen umrechnen, geschweige denn in Einheiten anderer Maßeinheitensysteme.

Das oben genannte Beispiel des Paares Drehmoment/Energie läßt sich beliebig erweitern. So überlappen sich grundsätzlich die Einheiten der "Drehmechanik" mit den Einheiten der "linearen Mechanik".

Auch die Einheiten der elektrostatischen Physik und die der elektromagnetischen Physik überlappen sich weitgehend. So ist, wie oben angedeutet, A = Ampere sowohl die Einheit der Einheit der magnetischen Spannung wie auch die der elektrischen Stromstärke (und als solche sogar eine SI-Basiseinheit). Die magnetische Spannung wird eigentlich in Amperewindungen gemessen, aber die Windungen haben als Zahl keine eigene physikalische Dimension, oder, anders ausgedrückt, sie haben die "Dimension einer reinen Zahl". Auch dieses Beispiel läßt sich beliebig durch weitere Beispiele des Elektromagnetismus ergänzen.

Die mangelnde Kongruenz ist in der Vergangenheit oft als störend empfunden worden und hat dazu geführt, Teil-Maßeinheitensysteme einzuführen, die wenigstens in sich eine eindeutige Zuordnung der Maßeinheiten zu den Dimensionen erzeugten. Zu diesen gehören als bekannteste Beispiele das "elektrostatische Maßsystem" und das "elektromagnetische Maßsystem", die sich beide gegenseitig ausschlossen, und deren Einheiten in komplizierter Weise ineinander umzurechnen waren, wobei der Faktor  $2\pi$  eine besondere Rolle spielte.

Die mangelnde Dimensions-Kongruenz der Maßeinheitensysteme führt dazu, daß sich in Rechenverfahren nicht einfach die verschiedenartigen Maßeinheiten für dieselbe Dimension ineinander umrechnen lassen. Ist das Ergebnis einer Berechnung ein Drehmoment, so wird eine automatische Umrechnung in andere Maßeinheiten aufgrund des Potenzproduktes auch die Einheiten der Energie aufführen müssen, also beispielsweise erg, BTU (british thermal units), kWh, SKE (Steinkohleneinheiten) usw. Kein Rechenverfahren ist in der Lage, selbständig und ohne weitere kenntnisverlangenden Eingriffe seitens eines Benutzers aus den Maßeinheiten auf die physikalische Dimension zu schließen.

#### Aufgabe der Erfindung

Es ist ein Rechenverfahren, auch eine Rechenvorrichtung, zu finden, mit denen sich mit physikalisch-technischen Größen rechnen läßt, und mit denen die Maßeinheiten der verwendeten physikalisch-technischen Größen schnell und einfach, ohne kenntnisreiche Eingriffe seitens eines Benutzers, in andere Maßeinheiten für dieselbe physikalische Dimension umgerechnet werden können, mit automatisch erfolgender Anpassung der Maßzahlen. Es soll also nicht notwendig sein, diese anderen Maßeinheiten und die zugehörigen Umrechnungsfaktoren zu kennen, diese sollen vielmehr im Rechenverfahren tabelliert sein.

#### Beschreibung der Erfindung

Es ist der Grundgedanke der Erfindung, in dem Rechenverfahren zumindestens temporär ein Maßsystem zu verwenden, das mit dem System der physikalisch-technischen Dimensionen kongruent ist.

Das läßt sich — oft selbst für den hochspezialisierten Fachmann überraschend einfach — durch Erweiterung bestehender Maßsysteme mit wenigen zusätzlichen Basiseinheiten erreichen. So führt die Erweiterung des SI-Systems mit nur einer einzigen Maßeinheit für den Winkel bereits zu einem kongruenten System, allerdings nur, wenn dem Winkel dabei auch eine eigene physikalische Dimension zugestanden wird.

Es ist daher ein weiterer Gedanke der Erfindung, das international eingeführte SI-System zu benutzen, allerdings erweitert um eine Einheit für den Winkel.

Erstaunlicherweise — oder besser: widersinnigerweise — enthält das SI-System bereits eine Einheit rad = Radiant für den Winkel, das sogenannte Bogenmaß, aber nur unter dem merkwürdigen Status einer "ergänzenden SI-Einheit". Dem Winkel wird dabei aber nach wie vor die Dimension einer reinen Zahl zugewiesen. Die Einheit "rad" darf und kann daher nicht in "zusammengesetzten" oder "abgeleiteten" Einheiten (in Potenzprodukten) verwendet werden (Ausnahme: Lux und Lumen).

Diese in sich unsinnige Festlegung erklärt sich nur dadurch, daß in der Mathematik der Winkel nach herrschender Lehre als Division der Bogenlänge des Kreisabschnitts durch die Radienlänge verstanden wird, und auf diese Weise die Dimension des Winkels abhanden kommt. Diese Argumentation ist aber nicht zwingend, der Winkel kann durchaus ohne Widersprüche als eigenständige Dimension betrachtet werden. Selbst in der Mathematik gibt eine ganze Klasse von Funktionen, für die nur Winkel als Argumente zugelassen sind. Es sind die jedem Abiturienten bekannten trigonometrischen Funktionen Sinus, Cosinus, Tangens und Cotangens.

Es ist daher ein weiterer Gedanke der Erfindung, dem Winkel in dem Rechenverfahren eine eigene Dimension, eben die Dimension eines Winkels, zuzuschreiben.

Außerdem benutzen wir alle in der Alltagssprache den Winkel-Grad mit dem Einheitenzeichen "°" als Maßeinheit für den Winkel, und zwar gefühlsmäßig so, als ob der Winkel eine eigene Dimension hätte. Die Einheit "Grad" ist in Deutschland eine gesetzlich zugelassene Maßeinheit.

Würde man zwar dem Winkel eine eigene Dimension zugestehen, es aber bei der "erweiterten SI-Einheit" rad = Radiant für den Winkel belassen, so ergäben sich ein weiterer Nachteil. Die Benutzung des Radianten würde beim Übergang eines "rad"-losen SI-Systems zu einem "rad"-enthaltenden erweiterten SI-System die Maßzahlen regelmäßig um den Faktor  $2\pi$  verändern, falls in den Maßeinheiten der Winkel enthalten ist. Bei der Erweiterung ginge die Kohärenz zu den bisher bestehenden besonderen Einheiten verloren.

Es ist daher ein weiterer Gedanke der Erfindung, den Vollwinkel, die volle Umdrehung, die volle Windung als

Maßeinheit für den Winkel zu verwenden. Diese Maßeinheit könnte im Rechenverfahren mit dem Einheitennamen "Orbit" und dem Einheitenzeichen "orb" belegt werden (von lat. orbitus, die volle Umlaufbahn). Es gilt also  $1 \text{ orb} = 2\pi \text{ rad} = 360^\circ = 400 \text{ gon}$ . Diese Wahl der Einheit für den Winkel läßt die Maßzahlenwerte beim Übergang vom normalen SI-System (ohne Winkel) zum erweiterten SI-System (mit Winkel) in der Regel unverändert. Ausnahmen ergäben sich nur bei den winkelbezogenen Einheiten Lumen und Lux, die — gegen alle Regel — als zusammengesetzte Einheiten das Steradian in ihrem Potenzprodukt enthalten. Es ist besonders interessant, daß die hier unter dem Einheitenzeichen "orb" eingeführte Einheit unter dem Einheitennamen "Vollwinkel" in Deutschland bereits eine gesetzliche Einheit ist, seltsamerweise gibt es jedoch für diese gesetzliche Einheit — wiederum gegen alle Regel — kein Einheitenzeichen.

Mit dem durch einen dimensionsbehafteten Winkel erweiterten SI-System ergibt sich auf sehr einfache Weise ein System aus acht Basiseinheiten, das die Eigenschaft hat, das System der Maßeinheiten kongruent auf das System der physikalischen Dimensionen abzubilden.

Die Einheit der Frequenz, die im wesentlichen nur auf Drehbewegungen oder andere (kreis)periodische Abläufe angewandt wird, ist dann  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ orb/s}$ . Frequenz, Winkelgeschwindigkeit und Drehzahl werden zu identischen Begriffen der gleichen physikalischen Dimension, die man als "Drehgeschwindigkeit" bezeichnen könnte.

Die Energie behält die Einheit  $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ , aber das Drehmoment (verständlicher: die Drehkraft) bekommt die Maßeinheit  $\text{kg m}^2 \text{ orb}^{-1} \text{ s}^{-2}$ . Das Trägheitsmoment (verständlicher: die Drehmasse) hat die Einheit  $\text{kg m}^2 \text{ orb}^{-2}$ . In allen Fällen bleibt der Wert der Maßzahl bei der Umrechnung der gleiche.

In der Drehmechanik gelten somit Gesetze, die völlig äquivalent zu denen der linearen Mechanik sind: dem Gesetz "Kraft = Masse  $\times$  Beschleunigung" steht "Drehkraft = Drehmasse  $\times$  Drehbeschleunigung" gegenüber, "Impuls = Masse  $\times$  Geschwindigkeit" ist äquivalent zu "Drehimpuls = Drehmasse  $\times$  Drehgeschwindigkeit", oder "Energie = Kraft  $\times$  (Weg)länge" entspricht "Energie = Drehkraft  $\times$  Drehwinkel". Ersetzt man in der Drehmechanik den Winkel orb durch die Länge m, so gelangt man zu den äquivalenten Einheiten und Gesetzen der linearen Mechanik.

Die magnetischen Einheiten erhalten im erweiterten SI-System unverwechselbare Potenzprodukte der Basiseinheiten, insbesondere ist die magnetische Spannung von der elektrischen Stromstärke mit der Maßeinheit A verschieden:

Magnetische Feldstärke  $[H] = A \text{ orb m}^{-1}$  (Ampèrewindungen pro Meter)

Magnetische Spannung  $[V] = A \text{ orb}$  (Ampèrewindungen)

Magnetische Flußdichte  $[B] = T = V \text{ s m}^{-2} \text{ orb}^{-1}$  (Tesla, SI-Einheit)

Magnetischer Fluß  $[\Phi] = \text{Wb} = V \text{ s orb}^{-1}$  (Weber, SI-Einheit)

Die Einführung des Vollwinkels entspricht genau dem Begriff der Windungen, also der Kreisströme, die bekanntlich ja auch schon Wirkung entfalten, wenn sie nur einen Teil des Kreises durchlaufen. Die Einführung des Winkels ist also durchaus vernünftig. Durch die Einführung des Vollwinkels bleiben die Einheiten Tesla und Weber auch im erweiterten SI-System kohärent.

Es ist ein weiterer Gedanke der Erfindung, nach der wissenschaftlich-technischen Berechnung die Maßeinheiten des Rechenergebnisses (z. B. auf Wunsch des Benutzers) durch das Rechenverfahren weitgehend automatisch und ohne kenntnisreiche Eingriffe des Benutzers in andere Einheiten für die gleiche Dimension umrechnen zu lassen. Diese anderen Einheiten brauchen nicht dem gewählten Maßeinheitensystem anzugehören. Beispielsweise können diese Maßeinheiten in einfacher Weise, etwa durch Tastendrucke des Benutzers, vom Rechenverfahren dem Benutzer zyklisch zur Auswahl angeboten werden. Es ist dabei, z. B. vom Benutzer wählbar, auch eine Beschränkung des Angebots an Einheiten auf einen bestimmten Anwendungskreis möglich, beispielsweise Beschränkungen auf Umrechnungen zum elektrostatischen Maßsystem, zum elektromagnetischen Maßsystem, zu englischen oder amerikanischen Maßsystemen, zu astronomischen Maßsystemen oder zu Uralt-Maßsystemen mit Einheiten wie Elle, Speiche, Scheffel, Morgen, preußische Landmeile, Karat und anderen mehr. Diese Umrechnungen sind durch die Erfindung in einfachster Weise anhand von Tabellen, die in das Rechenverfahren eingebaut werden, möglich. Dabei kann sogar für einzelne Länder angegeben werden, ob es sich um gesetzliche Einheiten handelt oder nicht.

Es ist ein weiterer Gedanke der Erfindung, daß auch die Eingabe von Größen vor der Berechnung in beliebigen Maßeinheiten, die nicht dem gewählten Maßeinheitensystem angehören müssen, vorgenommen werden kann. Auch hier ist — beispielsweise — ein zyklisches Anbieten der verschiedenartigen Maßeinheiten für eine physikalische Dimension auf Befehle des Benutzers hin vom Rechenverfahren möglich. Auch hier kann durch den Benutzer eine Beschränkung auf bestimmte Anwendungskreise erfolgen.

Es ist ein weiterer Gedanke der Erfindung, die Maßeinheiten der Eingabegrößen oder der resultierenden Größen durch Eingabebefehle des Benutzers mit den gesetzlich zugelassenen SI-Vorsätzen zur Vergrößerung oder Verkleinerung versehen zu lassen, mit gleichzeitiger Umrechnung der Maßzahlen. Dabei können Beschränkungen berücksichtigt werden, da nicht alle SI-Einheiten diese Vorsätze erlauben. Bei der SI-Basiseinheit Kilogramm ist der in der Basiseinheit bereits vorhandene Vorsatz zu berücksichtigen, da Doppelvorsätze nicht erlaubt sind.

SI-Vorsätze für dezimale Vielfache und Teile:

Deka	da	$10^1$	Dezi	d	$10^{-1}$
Hekto	h	$10^2$	Zenti	c	$10^{-2}$
Kilo	k	$10^3$	Milli	m	$10^{-3}$
Mega	M	$10^6$	Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Giga	G	$10^9$	Nano	n	$10^{-9}$
Tera	T	$10^{12}$	Piko	p	$10^{-12}$
Peta	P	$10^{15}$	Femto	f	$10^{-15}$
Exa	E	$10^{18}$	Atto	a	$10^{-18}$

Es läuft also erfindungsgemäß das Verfahren so ab, daß eine Eingabe von Größen vor oder während der Berechnung in beliebigen, benutzerselektierten Maßeinheiten erfolgen kann, daß zur Berechnung diese Maßeinheiten zunächst in die Potenzprodukt-Darstellung des erweiterten SI-Systems umgewandelt werden, und daß die Berechnungsergebnisse benutzerselektiert wieder in gewünschte Maßeinheiten umgewandelt werden. Die Berechnung selbst kann fest vorgegeben, beispielsweise aber auch vom Benutzer steuerbar über Aufrufe von Operatoren oder Funktionen erfolgen. Es ist ein entscheidender Vorteil dieses Rechenverfahrens, daß während der numerischen Berechnung auch gleichzeitig eine Dimensionsanalyse mit abläuft.

Für die benutzer-geführte Auswahl der Maßeinheiten für Eingabegrößen wird zunächst vom Rechenverfahren (eventuell zyklisch unter Benutzerführung) ein breiter Fächer von Maßeinheiten angeboten, aus denen sich zunächst die gewünschte Dimension entweder direkt auswählen oder durch Regeln der Multiplikation oder Potenzierung von Maßeinheiten herstellen läßt. Damit ist nach der Erfindung auch die Dimension festgelegt. Sodann kann der Benutzer durch zyklische Vorführung der für diese Dimension zur Verfügung stehenden Maßeinheiten die gewünschte auswählen.

Nach erfolgter Berechnung, die in diesem Verfahren mit den Potenzprodukten des erweiterten SI-Systems ausgeführt wird, kann der Benutzer auch wieder zu den normalen oder zu den erweiterten besonderen SI-Einheiten umschalten.

Ein Rechengerät nach dieser Erfindung kann leicht in Form eines Taschenrechners gebaut werden. Dieser hat Tasten für die Eingabe von Maßzahlen und Tasten für die Eingabe der Basiseinheiten und einer ausgewählten Menge von zusammengesetzten Maßeinheiten. Weitere Tasten sind Befehlseingaben für Rechenoperatoren, Funktionen und Umrechnungen. Das Anzeigefenster kann sowohl die Maßzahlen wie auch die Potenzprodukte der Basiseinheiten, oder die sonstigen Bezeichnungen der Maßeinheiten wiedergeben. Das Rechengerät dient der Ausführung des oben geschilderten Rechenverfahrens. Die Taschenrechner können auch programmierbar sein, da sich daraus besondere Vorzüge ergeben.

Das Verfahren kann aber auch in Form eines Software-Programms verwendet werden, mit einer Benutzeroberfläche zur interaktiven Benutzung durch einen Benutzer, mit Eingabefeldern für Maßzahlen und Maßeinheiten, und mit entsprechenden Anzeigefeldern.

#### Beschreibung der Bilder

Fig. 1 zeigt einen normalen, nichtprogrammierbaren Taschenrechner mit Bedienungselementen als eine der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung. Das Anzeigefenster ist hier aus Gründen der leichten Herstellbarkeit in ein Maßzahlenfenster (A) und ein Einheitenfenster (B) geteilt. Es kann jedoch ebenso gut ein einziges, etwa zweizeiliges, Fenster benutzt werden. Das zweigeteilte Anzeigefenster dient in bekannter Weise sowohl der Anzeige für Eingabewerte, wie auch für die Wiedergabe der Rechenergebnisse.

Die Tastatur besteht, wie in den meisten kommerziellen wissenschaftlichen Taschenrechnern üblich, aus 4 Reihen mit 6 Tasten (C bis F) und vier Reihen mit 5 Tasten (G bis H).

Einschalten, Löschen und Ausschalten: Wie gewohnt, schaltet die Taste "C/CE" (C6) den Rechner ein und löscht die Eingabe, Taste "aus" (D6) schaltet den Rechner aus.

Umschalten der Eingabe: Die beiden Tasten "Einh." und "Zahl" (C1 und D1) schalten die Eingaben zwischen den beiden Fenstern für Maßzahlen und Einheiten um, gleichzeitig werden die Operationen der Tasten von den aufgedruckten Bedeutungen zu den drübergedruckten Bedeutungen umgeschaltet. Eine blinkende Eingabemarke (Cursor) zeigt das jeweils eingabeaktive Fenster an.

Für beide Eingabearten: Die Taste "Exp" (I5) erlaubt die Eingabe von Exponenten sowohl bei Maßzahlen wie bei Maßeinheiten, sie ist daher nicht durch die Tasten "Einh." und "Zahl" umschaltbar. Für die Eingabe der Potenzen für Maßeinheiten wirkt die Taste "Exp" selbst wie ein Umschalter, nach Potenzeingabe und erneutem Drücken der Taste "Exp" kann eine neue Einheit (multiplikativ) eingegeben werden. — Die Taste "X>M" übergibt Maßzahl und Einheit in den Zusatzspeicher, diese Taste wirkt ebenfalls in beiden Eingabearten.

Für die Eingabeart "Zahl": Die Tasten der Reihen G bis J dienen in gewohnter Weise der Eingabe von Zahlen und Rechenoperatoren. Die Taste "RM" (H6) holt eine eingegebene Größe einschließlich ihrer Einheit aus dem Zusatzspeicher. Die Tasten der Zeilen E und F dienen der Eingabe für weitere Rechenoperatoren und Funktionen. Für Rechnungen mit physikalischen Größen sind zweite und dritte Wurzeln sowie Quadrate und Kuben besonders wichtig. Logarithmierung und Exponentiation basieren in diesen Berechnungen gewöhnlich auf der Zahl "e", daher steht der natürliche Logarithmus und seine Umkehrfunktion im Vordergrund. Selbstverständlich



ist gemäß den Rechenregeln Logarithmieren und Exponentiation nur mit reinen Zahlen möglich, die trigonometrischen Funktionen bedürfen eines Winkels als Argument. Die trigonometrischen Umkehrfunktionen liefern dagegen Größen mit der Dimension eines Winkels, sie benötigen keine Zahlen als Argumente.

Für die Eingabeart "Einh.": Die Tasten 1 bis 4 der beiden untersten Reihen I und J erlauben die Eingabe der acht Basiseinheiten des erweiterten SI-Systems. Die Einheiten können durch die Taste "Exp" und nachfolgenden Zahleneingaben mit Exponenten versehen werden. Das Vorzeichen der Exponenten wird in gewohnter Weise mit der Taste "+/-" (J2) umgeschaltet. Nochmaliges Drücken der Taste "Exp" (oder der Taste "Einh.") schaltet wieder auf die Eingabe von Einheiten zurück, die blinkende Eingabemarke (Cursor) zeigt die Eingabestelle an. Die Eingabe weiterer Einheiten kann dann einfach ohne die Eingabe eines Operators fortgesetzt werden, die Einheiten schließen sich multiplikativ aneinander an. — Die Tasten der Reihen E bis H geben zusammengesetzte (oder abhängige) Einheiten ein. Dabei sind für die mechanischen Größen (Reihen G und H) die Namen der Dimensionen angegeben, weil das den meisten Benutzern verständlicher ist, und weil einfache Namen für die Dimensionen zur Verfügung stehen. — Für die Elektrotechnik (F1 bis F4, E1 bis E3) sind dagegen die weitaus verständlicheren und kürzeren Namen der Einheiten angegeben. Die Angabe der physikalischen Dimensionen wäre hier schwierig, da diese meist mit zusammengesetzten Bezeichnungen (wie beispielsweise "magnetische Spannung") versehen sind. Gleiches gilt für die Dimensionen der Beleuchtungstechnik (E4, E5) und der Dosimetrie (E6). — Für alle nichtaufgeführten Einheiten oder Dimensionen muß die Einheit durch den Benutzer zusammengesetzt werden. Werden mehrere Einheiten nacheinander eingegeben, so werden sie automatisch multipliziert. Divisionen sind nur durch Änderung des Exponenten möglich.

Die Selektionstasten C2 bis C5 und D2 bis D5. Die Taste C5 (Pfeil rückwärts) löscht die Eingaben von der letzten Stelle aus. — Die Taste C4 (Rundpfeil) schaltet zyklisch durch die Einheiten der aktuell eingegebenen Dimension. Sie kann aber auch zyklisch durch die Anwendungskreise schalten, deren Auswahl mit der Taste D2 begonnen und abgeschlossen wird. Sie kann ferner zyklisch durch die Konstanten schalten, deren Auswahl durch die Taste D3 begonnen und abgeschlossen wird. Auch die Auswahl der Anwendungskreise für die Konstanten ist möglich, indem beide Tasten D2 und D3 gedrückt werden. — Die Tasten C2 und C3 (Pfeile aufwärts und abwärts) schalten schrittweise die vergrößernden oder verkleinernden Vorsätze der Einheiten hinzu. Die Vorsätze werden den Einheiten, soweit durch SI erlaubt, hinzugefügt, und die Maßzahlen werden entsprechend geändert. — Die Tasten D4 und D5 (XSI und SI) schalten die gerade angezeigten Einheiten automatisch auf die erweiterten (Taste XSI) oder normalen (Taste SI) SI-Einheiten um.

Der hier gezeigte Taschenrechner soll ausdrücklich nur als ein Beispiel für ein Gerät nach der Erfindung verstanden werden.

#### Weitere bevorzugte Ausführungsformen

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung besteht in einem programmierbaren Taschenrechner. Diese Art von Taschenrechner ist besonders günstig, da ganze Berechnungsabläufe gespeichert werden können, und die Art der bei späteren Wiederholungen des Rechenganges einzugebenden Maßzahlen automatisch durch die Angabe der Einheiten, die vom Programm angezeigt werden, kenntlich ist. Dadurch wird die spätere Benutzung des Rechenganges ganz wesentlich erleichtert.

Eine weitere Ausführungsform besteht in einem interaktiven Rechenprogramm für beliebige interaktiv zu bedienende Computer wie beispielsweise "personal computers" oder "work stations". Dabei kann beispielsweise ein Taschenrechner auf dem Bildschirm simuliert werden.

Weitere Ausführungsformen betreffen sogenannte "Tabellen-Kalkulations-Programme" (spread sheets). Auch in diesen Programmen ist die Angabe und Mitführung der Maßeinheiten besonders günstig, da sie die Eingabe der Maßzahlen erleichtern. Die graphische Ausgabe solcher Programme kann die Maßeinheiten direkt in die Graphiken einarbeiten.

Auch generelle mathematische Berechnungsprogramme können im Sinne der Erfindung auf die Berechnung mit physikalischen Größen ausgerichtet werden.

Weitere Ausführungsformen betreffen die Einführung und Mitführung der Maßeinheiten im Sinne dieser Erfindung in Computer-Programmiersprachen. So kann sehr einfach eine Programmiersprache (wie zum Beispiel BASIC) so erweitert werden, daß sie nicht nur mit reinen Zahlen, sondern mit physikalischen Größen zu rechnen erlaubt, wobei die mathematischen Operationen automatisch auch auf die Maßeinheiten angewandt werden. Über eingebaute Tabellen können beliebige wissenschaftlich-technische Größen eingegeben und verarbeitet werden.

#### Patentansprüche

1. Ein Verfahren für wissenschaftlich-technische Berechnungen unter Benutzung von wissenschaftlich-technischen Größen, die jeweils aus Maßzahlen und Maßeinheiten bestehen, wobei die Rechenoperationen nicht nur auf die Maßzahlen, sondern auch auf die Maßeinheiten einwirken, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnungen zumindestens temporär in einem Maßeinheitensystem durchgeführt werden, bei dem das System der physikalischen Dimensionen und das System der Maßeinheiten kongruent sind.
2. Ein Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als kongruentes Maßeinheitensystem das internationale SI-System verwendet wird, jedoch durch weitere Basiseinheiten so erweitert, daß die Kongruenz zwischen Maßeinheiten und Dimensionen erreicht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das SI-System durch eine Einheit und eine Dimension für den Winkel erweitert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Einheit für den Winkel der Vollwinkel  $360^\circ$



- 2πad = 400 gon eingeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Einheit des Winkels im Rechenverfahren der Einheitenname "Orbit" und das Einheitenzeichen "orb" gegeben wird.

6. Rechenverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren selbsttätig nach Ausführung von automatisch ablaufenden Rechenschritten anhält, und auf Eingaben eines Benutzers wartet, um dann mit Berechnungen wieder automatisch fortzufahren. 5

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren über optische Mittel Eingabegrößen, Zwischenresultate und Endresultate anzeigt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf entsprechende Eingabebefehle des Benutzers hin die Maßeinheit einer aktuell angezeigten Größe in zyklisch durchgeführten Schritten in andere Maßeinheiten derselben Dimension umgewandelt und angezeigt wird, wobei jeweils die zugehörige Maßzahl so verändert wird, daß die Größe gleich bleibt. 10

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zyklisch durchgeführten Schritte der Umwandlung in andere Maßeinheiten derselben Dimension auf eine besonders ausgewählte Untermenge des gesamten Vorrats an Maßeinheiten beschränkt wird, und daß sich die Art der Untermenge durch Eingaben des Benutzers auswählen läßt. 15

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf entsprechende Eingaben des Benutzers hin die Maßeinheit einer ausgewählten Größe in sequentiell durchgeführten Schritten mit Vorsätzen zur Verkleinerung oder Vergrößerung der Maßeinheit versehen wird, wobei jeweils die zugehörige Maßzahl so verändert wird, daß die Größe gleich bleibt. 20

11. Ein Rechengerät für wissenschaftlich-technische Berechnungen unter Benutzung von wissenschaftlich-technischen Größen, die jeweils aus Maßzahlen und Maßeinheiten bestehen, wobei die Rechenoperationen nicht nur auf die Maßzahlen, sondern auch auf die Maßeinheiten einwirken, mit Elementen für die Eingabe von Maßzahlen, Maßeinheiten, Rechenoperatoren und Steuerbefehlen, und mit einer Anzeige für die wissenschaftlich-technischen Größen, dadurch gekennzeichnet, daß für die wissenschaftlich-technischen Größen ein Maßsystem verwendet wird, bei dem das System der wissenschaftlich-technischen Dimensionen und das System der Maßeinheiten kongruent sind. 25

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

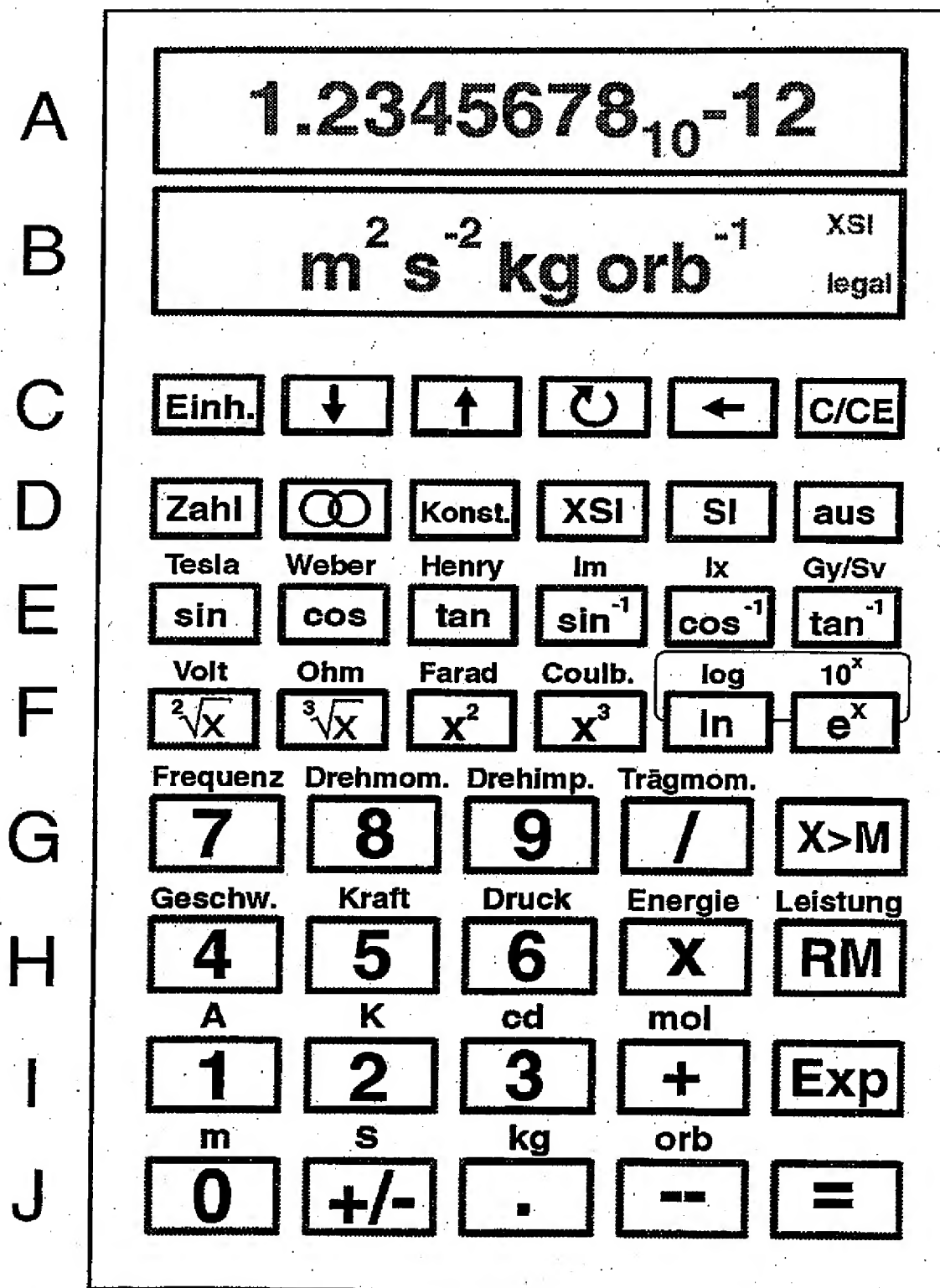
45

50

55

60

65



Figur 1